

Загрузочный конфигурационный кабель обеспечивает загрузку конфигурационных данных в микросхемы через стандартный последовательный порт РС или шину USB. Он обеспечивает конфигурирование микросхем с напряжениями питания 5,0; 3,3 и 2,5 Вольт; 1,8 В.

Для защиты прошивки ПЛИС от несанкционированного доступа большое распространение получило шифрование данных конфигурации. В таком случае на схему передается поток зашифрованных данных, который преобразуется в данные конфигурирования устройством дешифрации, находящимся на кристалле. Для этих целей используют генераторы и анализаторы Cyclic Redundance Code (CRC). Наиболее защищены от взлома схемы с пробиваемыми перемычками antifuse — однократно программируемые. Самыми уязвимыми считаются схемы с триггерной памятью конфигурации, которую нужно загружать от внешнего источника хранения данных при каждом включении питания.

Список литературы

1. Способы фокусировки рентгеновского излучения / Сторишко В.Е. и др. // Успехи физики металлов. 2010. С. 14.
2. Courtland R. 3D X-ray tech for easy reverse engineering of ICs [News] // IEEE Spectrum. 2017. Т. 54, № 5. Р. 11–12.
3. Protecting against Cryptographic Trojans in FPGAs / Swierczynski P. et al. // Field-Programmable Custom Computing Machines (FCCM). 2015 IEEE23rd Annual International Symposium on // IEEE. 2015. Р. 151–154.

УДК 53083

Р. И. Муталлапов, П. А. Моторин

Научный руководитель: доцент К. И. Костромитин
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ, УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА РАБОТЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Аннотация. Представлено описание и характеристики методов теплового, электрического, адаптерного и зондового контроля, применяемых для анализа функционирования интегральных микросхем.

Актуальность использования ультразвукового анализа обусловлена простотой и дешевизной применения данного метода, а метод электронной микроскопии по-

звояет получить детальное изображение поверхности интегральной микросхемы с возможным последующим испарением слоев высокоэнергетическими пучками электронов для получения топологии интегральной микросхемы, что является актуальным вопросом для обеспечения аппаратной защиты информации.

Ключевые слова: тепловой анализ микросхемы; электрический анализ микросхемы; зондовый контроль микросхемы; адаптерный контроль микросхемы.

Контроль волнового сопротивления (импеданса)

Физический принцип функционирования: по линии передачи посылается импульс и фиксируется его отражение. Далее определяется распределение волнового сопротивления (импеданса) проводника по всей его длине. Результирующая (конечная) форма сигнала состоит из посланной и отраженной волны. По форме сигнала можно судить о причине изменения импеданса, и расстоянии до места дефекта [1].

Техническая реализация: измерения проводятся на самих печатных платах (при небольших партиях производства) или на тестовом образце, изготавливаемым в едином технологическом цикле с самой печатной платой. Проводник на печатной плате представляется не просто дорожкой, связывающей переходные отверстия и контактные площадки, а линией передачи, передающей сигнал на высоких скоростях с малыми потерями амплитуды, скорости и формы.

Область применения: данный метод предназначен для высокочастотной техники. Приборы (динамический рефлектометр TDR (Time Domain Reflectometer) или сетевой анализатор), которые осуществляют измерения, являются сложным оборудованием и, как правило, применяются в лабораторных условиях. С помощью этого метода можно проверить целостность электрических дорожек и качество пайки.

Ультразвуковой метод

Физический принцип функционирования основывается на способности ультразвуковых колебаний отражаться от поверхности внутренних неоднородностей материала.

Техническая реализация: метод реализуется с помощью ультразвукового микроскопа, принцип действия которого основан на том, что механические свойства материалов могут измеряться посредством акустического сопротивления. На границе между материалами ультразвуковой импульс разделяется на пропущенную и отраженную составляющую, и чем больше разница сопротивлений на границе раздела, тем больше амплитуда отклика и выше контраст изображения (рис 1). Некоторые отклики могут обладать «перевернутой» (отрицательной) полярностью, это в большинстве случаев, показатель наличия расслоений, трещин и пустот [2].

В случае наличия дефектов (рис. 1, б) выявляются такие характеристики, как число дефектов на длине соединения, расстояние между дефектами, координаты дефектов, эквивалентная площадь дефектов, протяженность, высота, условные размеры дефектов. Существующие ультразвуковые методы неразрушающего контроля подразделяют на активные — излучение и прием акустических импульсов; пассивные — прием импульсов, где источником является сам объект контроля.

Область применения: при использовании метода возможно обнаружение таких дефектов печатных плат, как раковины, трещины, волосовины, поры, неоднородная структура, различные включения и т. д.

Достоинством метода контроля: исследование не повреждает и не разрушает образец, также обеспечивается возможность проводить контроль изделий из различных материалов — как металлов, так и неметаллов. Недостатки: необходимость подготовки поверхности для ввода ультразвука в металл.

Электронная микроскопия

Физический принцип функционирования: метод исследования с помощью электронного микроскопа, позволяющего видеть частицы с разрешающей способностью 1–1,5 нм (10–15 А). Широко применяются сканирующая и просвечивающая (трансмиссивная) электронная микроскопия. Рассмотрим физический смысл данных методов.

В просвечивающей электронной микроскопии различают прямые методы (на просвет) исследования и косвенные (применяются реплики — отпечатки

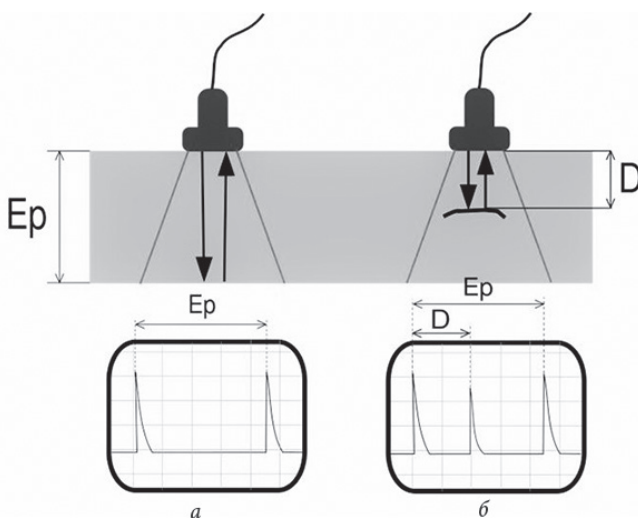


Рис. 1. Результат применения ультразвукового метода: а — изображение объекта, не имеющего дефектов и соответствующий его проверке график (отображены информативные параметры акустической волны — время прохождения через объект); б — изображение графика, соответствующего наличию дефекта

с поверхности объектов). Неприменимо для рассматриваемой нами задачи вследствие разрушения образца пучком электронов для получения просвечивания.

Изображение формируется тонким пучком, называемым электронным зондом, обегаящим за определенное время заданную площадь поверхности образца. Взаимодействуя с поверхностью образца электроны пучка частично рассеиваются в обратном направлении и одновременно с этим вызывают вторичную эмиссию электронов.

Таким образом, возможно получение структуры исследуемого образца при последовательном разрушении объекта пучком электронов.

Техническая реализация: вторичные и рассеянные объектом электроны регистрируются соответствующими датчиками, а электронная схема прибора преобразует после усиления интенсивность регистрируемых электронов в интенсивность луча электронно-лучевой трубки (рис. 1). Поскольку луч, формирующий изображение на экране этой трубки, отклоняется синхронно с отклонением первичного пучка электронов, на экране возникает светящееся изображение сканируемой площади объекта [3].

Список литературы

1. Урличич Ю. М., Данилин Н. С. Неразрушающий контроль паяных соединений в радиоэлектронной аппаратуре // Мир измерений. 2010. № 6. С. 4–11.
2. Костюченко В. Акустическая микроскопия: выявление скрытых дефектов в микроэлектронике // Наноиндустрия. 2012. Т. 33, № 3. С. 42–47.
3. Пантелеев В. Г., Егорова О. В., Клыкова Е. И. Компьютерная микроскопия. М. : Техносфера. 2005. Т. 3.

УДК 621.37

А. Р. Мухетдинова, М. О. Дядюра

Научный руководитель: проф. Д. В. Астрецов
Уральский федеральный университет, Екатеринбург

СРЫВ СЛЕЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ

Аннотация. Приведены результаты исследований системы фазовой автоподстройки частоты с учетом и без учета аддитивных помех, сопровождающих эталонный сигнал. Использование метода теории выбросов и метода статистической линеаризации проведен анализ срыва слежения (синхронизации) за заданное время наблюдения от отношения мощностей сигнала и помехи в канале эталонного сигнала. Для получения более точных результатов разработана имитационная